



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

**NÁVRH MOŽNÉHO VYUŽITÍ LABORATOŘE ŘÍZENÍ
PODNIKOVÝCH PROCESŮ**

SUGGESTION OF POSSIBLE USE OF THE BUSINESS PROCESS MANAGEMENT LABORATORY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Roman Kolouch

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Kříž, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav informatiky
Student: **Roman Kolouch**
Studijní program: Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Manažerská informatika
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Kříž, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Návrh možného využití Laboratoře řízení podnikových procesů

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle práce, metody a postupy zpracování
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu
Vlastní návrhy řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Návrh možného využití Laboratoře řízení podnikových procesů na základě poznatků z odborné literatury a provedením analýzy laboratoře.

Základní literární prameny:

GILCHRIST, Alasdair. Industry 4.0: the industrial internet of things. New York: Apress, 2016. 250 stran. ISBN 978-1-4842-2046-7.

GOUARDERES, Frédéric. Industry 4.0. Brussels: European Parliament, 2016. DOI: 10.2861/085601. ISBN 9789282388716.

KLOSKI, Liza Wallach a Nick KLOSKI. Začínáme s 3D tiskem. Brno: Computer Press, 2017. 211 stran. ISBN 978-80-251-4876-1.

SALAZAR SOLER, Jorge a Santiago SILVESTRE BERGÉS. Internet vecí. European Virtual Learning Platform for Electrical and Information Engineering, 2017. ISBN 978-80-01-06231-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně dne 29.2.2020

L. S.

doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.
ředitel

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem možného využití nově budované laboratoře na fakultě podnikatelské Vysokého Učení Technického v Brně. Laboratoř je zaměřena na moderní procesy výroby. Za tímto účelem je práce rozdělena do tří částí. První část jsou teoretická východiska práce, která popisují postupy výroby a využití informačních systémů ve výrobě. Následuje analýza laboratoře, popis místností, jejich účelu a jejich vybavení. V poslední části jsou navrženy možná řešení.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, inteligentní továrna, výroba, 3D tiskárna, 3D skener, CNC, 3D modelování

Abstract

The bachelor thesis focuses in a proposal for the possible use of a newly built laboratory at the Faculty of Business and Management of the Brno University of Technology. The laboratory is focused on modern production processes. For this purpose is the thesis divided into three parts. The first part is the theoretical basis of the work, which includes procedures for the production and use of information systems in the production. Next is analysis of the laboratory, description of rooms, their purpose and their equipment. In the last sections, solutions are proposed.

Key words

Industry 4.0, smart factory, production, 3D printer, 3D scanner, CNC, 3D modelling

Bibliografická citace

KOLOUCH, Roman. *Návrh možného využití Laboratoře řízení podnikových procesů* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/128205>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky. Vedoucí práce Jiří Kříž.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně.
Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 12. května 2020

.....

Roman Kolouch

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Kříži za odborné vedení a pomoc při vypracování bakalářské práce. Dále děkuji také Ing. Petru Sedlákovu za cenné rady a připomínky, které mi pomohly výslednou práci zkompletovat.

OBSAH

Úvod.....	10
Cíle práce, metody a postupy zpracování	11
1 Teoretická východiska práce	12
1.1 Výroba.....	12
1.1.1 Řízení výroby.....	12
1.1.2 Plánování výroby	12
1.2 Podnikové informační systémy	13
1.2.1 Výrobní informační systémy	14
1.3 Vývoj průmyslu a průmysl 4.0.....	16
1.4 Inteligentní továrna	17
1.4.1 Internet věcí	18
1.4.2 Co je to výrobní linka	19
1.5 3D skener	20
1.5.1 3D modelování.....	23
1.6 3D tiskárna	26
1.6.1 FMD tiskárny	26
1.6.2 DPL tiskárny	27
1.6.3 SLA tiskárny	27
1.6.4 SLS tiskárny.....	28
1.7 Robotická ruka	29
1.8 CNC stroj	30
2 Analýza současného stavu	31
2.1 Místnost výroby	32
2.2 Logistické centrum.....	34

2.3	Sekce vývoje prototypů.....	35
2.4	Vývojová sekce programů.....	38
3	Vlastní návrh řešení	39
3.1	Využití pro potřeby výuky	41
3.2	Komerční využití.....	43
3.2.1	Nacenění úkonů	43
3.2.2	Příklad – 3D studio na FAVU VUT Brno	45
3.2.3	Shrnutí.....	48
3.3	Jiná využití	49
	Závěr	50
	Seznam použitých zdrojů.....	52
	Seznam použitých obrázků	55
	Seznam použitých tabulek	58
	Seznam použitých grafů.....	59
	Seznam zkratek	60

ÚVOD

Na fakultě podnikatelské Vysokého Učení Technického v Brně je budována nová laboratoř, zaměřena na informační systémy. Tato laboratoř disponuje několika místnostmi, zajímavými stroji a jako celek by měla imitovat malou firmu.

Studenti oboru Procesní management by se zde měli seznámit s problematikou řízení procesů ve firmách, zvyšování efektivity výroby a zavádění prvků průmyslu 4.0 do výroby. Měli by zde prakticky pochopit používání podnikových informačních systémů (ERP), výrobních informačních systémů (MES) a systémů pro řízení vztahů se zákazníky (CRM), ale i samotné výrobní a logistické procesy, a sledování a hodnocení výrobního procesu. Studenti zde mají možnost účastnit se procesu řízení podniku, a tedy prakticky podložit nabyté znalosti z teoretické výuky.

Mezi moderními stroji této laboratoře můžeme najít například CNC obráběcí stroj, 3D skener, nebo 3D tiskárnu. Tyto stroje tvoří hlavní výrobní sílu dnešních podniků, a tedy i praktická výuka plánování a řízení výroby, obsahující tyto stroje je dnes už téměř nezbytnou.

Laboratoř však disponuje i zjednodušenou výrobní linkou, ve které se nachází i robotická ruka, a každé pracoviště operuje dle svého výrobního terminálu. Dále je zde sklad materiálu pro výrobu.

V další části se nachází také počítačová učebna, ve které by se měli řešit problémy týkající se právě výroby a logistiky.

Cílem této práce je návrh dalšího možného využití této laboratoře, a to nejen pro účely výuky. Laboratoř je rozdělena do několika místností a nachází se zde několik zajímavých strojů, jejichž pořizovací cena je vysoká, a tedy i jejich potenciál by bylo dobré využít v co nejvyšší míře.

CÍLE PRÁCE, METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Hlavním cílem práce je návrh možných využití nové laboratoře budované na VUT Brno fakultě podnikatelské.

Práce je za tímto účelem rozdělena do tří částí.

V první části jsou popsány teoretické poznatky. Z oblastí podnikových a výrobních informačních systémů a s tím spojených pojmů jako jsou výroba, její řízení a plánování. Dále popisuje, co je to průmysl 4.0 a inteligentní továrna, s tím souvisí internet věcí. Následuje základní popis strojů (důležitých pro tuto práci), kterými jsou 3D skener a 3D tiskárna (také je zde krátký úvod do problematiky 3D modelování), CNC Stroj, robotická ruka a plotr.

V další části je popsána struktura laboratoře, a popsány základní možnosti jednotlivých částí laboratoře.

V poslední části se nachází samotné návrhy na využití konkrétní místnosti laboratoře, a ta jsou rozdělena na několik druhů využití, a těmi jsou výukové využití (jiné, než na které je laboratoř budována), komerční využití, a jiná využití.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

Laboratoř je budována jako virtuální chytrá továrna. Nyní si projdeme nezbytný teoretický základ, nutný pro pochopení práce.

1.1 Výroba

Výroba je proces, při kterém se přeměňují vstupy na výstupy. Můžeme ji rozdělovat:

- kusová výroba
- sériová výroba
- hromadná výroba
- druhová výroba [1]

1.1.1 Řízení výroby

Je optimalizace fungování výrobních systémů dle určených cílů. Výrobní systém obsahuje všechny části procesu výroby (např.: suroviny, energii, pracovní sílu, techniku, prostory atd.) [1]

Řízení výroby zahrnuje sladění výrobních procesů pro dosažení nejvyšší možné efektivity výroby. [1]

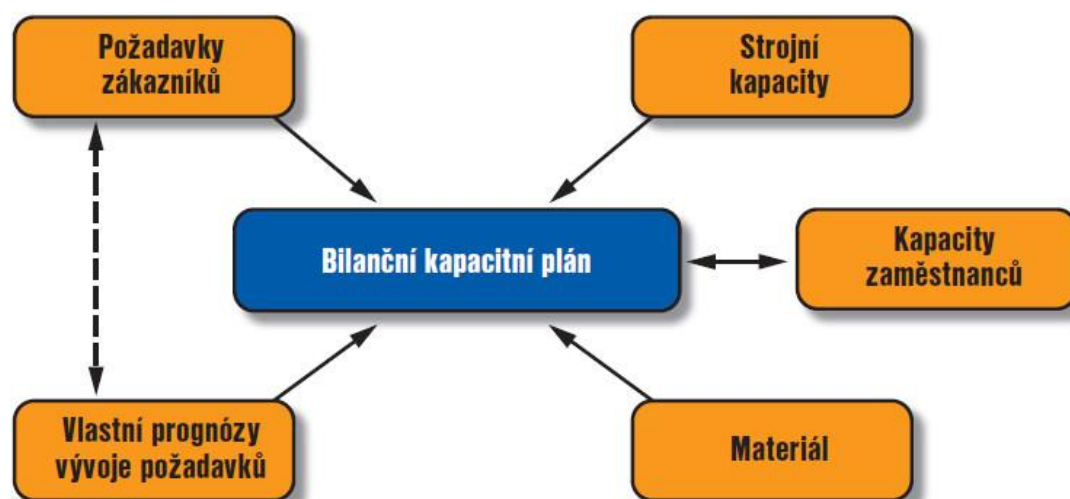
1.1.2 Plánování výroby

Je proces optimalizace firemních zdrojů a uspokojení klienta.

„Základním kritériem pro plánování výroby v množství a čase je vybilancování kapacit na každém pracovišti tak, aby byly potřeby a zdroje uvedeny do rovnováhy, respektive do co nejrovnoměrnějšího vytížení pracoviště v průběhu celého roku (příp. trvale). To znamená neustále precizně sledovat a vyhodnocovat informace o všech uvedených vstupech.“ [2]

„Výchozí myšlenkou bilančních kapacitních plánů je tzv. plánování zdola, kdy jsou požadavky zákazníka konfrontovány s ostatními výrobními faktory (viz obr. 1). Mezi vstupy každého bilančního plánu pak můžeme zařadit zejména:

- požadavky zákazníků (přijaté objednávky, odvolávky, kontrakty, krátkodobé a dlouhodobé výhledy),
- vlastní prognózy vývoje požadavků,
- strojní kapacity,
- kapacity zaměstnanců,
- materiál. “ [2]



Obrázek 1: Vstupy Bilančního kapacitního plánu (Zdroj: https://www.ccb.cz/images_aqua/2013/kveten/05-Asseco-02x.jpg)

1.2 Podnikové informační systémy

„Enterprise resource planning (ERP) označuje sadu softwaru, který organizace používají ke správě každodenních obchodních činností, jako je účetnictví, zásobování, řízení projektů, řízení rizik a dodržování předpisů a operace dodavatelského řetězce. Úplná sada ERP také zahrnuje software enterprise performance management (EPM), který pomáhá při plánování a tvorbě rozpočtu, předpovědích a výkazech finančních výsledků organizace.

Systémy ERP propojují celou řadu obchodních procesů, aby mezi nimi umožnily průtok dat. Díky sběru sdílených dat o transakcích organizace z různých zdrojů eliminují systémy ERP duplikaci dat a zajišťují integritu dat pomocí jediného zdroje spolehlivých informací. Význam systémů ERP v dnešním světě obchodu lze jen stěží přehlédnout. Podniková data a procesy se propojují do systémů ERP a podniky tak mohou spojit samostatná oddělení

a zlepšit pracovní toky. Díky tomu získávají výrazné celkové úspory. Mezi příklady konkrétních obchodních výhod patří:

- Vylepšená obchodní analytika z informací v reálném čase, které jsou generovány z výkazů*
- Nižší provozní náklady díky efektivnějším obchodním procesům a osvědčeným postupům*
- Dokonalejší spolupráce uživatelů, kteří sdílejí data ve smlouvách, žádankách a nákupních objednávkách*
- Vyšší efektivita prostřednictvím společného uživatelského prostředí napříč mnoha obchodními funkcemi a dobře definovanými obchodními procesy*
- Konzistentní infrastruktura od podpůrných útvarů až po kontaktní centrum, s jednotným vzhledem všech rozhraní obchodních činností*
- Vyšší míra příznivého přijetí uživateli na základě jednotného uživatelského prostředí a vzhledu*
- Nižší riziko díky lepší integritě dat a řízení financí*
- Nižší náklady na řízení a provoz díky jednotným a integrovaným systémům“ [3]*

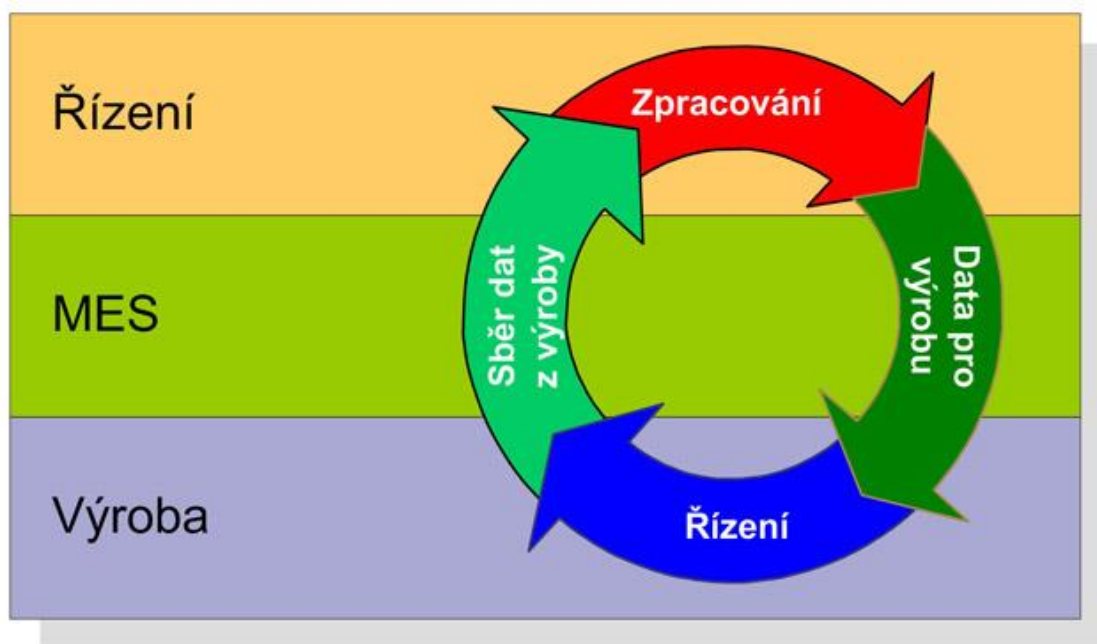
1.2.1 Výrobní informační systémy

„Manufacturing Execution Systems (MES = systémy pro operativní plánování a řízení výroby), jsou systémy, které tvoří vazbu mezi podnikovými informačními systémy (např. typu ERP = Enterprise Resource Planning, česky plánování podnikových zdrojů) a systémy pro automatizaci výroby (technologických procesů) a za hlavní cíle si kladou snížení nákladů, zvýšení kvality a zlepšení reakcí. U systémů jsou definovány hlavní aktivity, které by systémy měli zabezpečovat:

- transparentní řízení výrobních procesů,*
- garance plnění termínů zakázek,*
- optimalizace stavu rozpracované výroby a skladů,*
- podpora dosažení a udržení potřebné produktivity práce,*
- zkrácení doby průchodu výrobku výrobou na nezbytné minimum [4]*

„FUNKČNÍ OBLASTI DLE MES

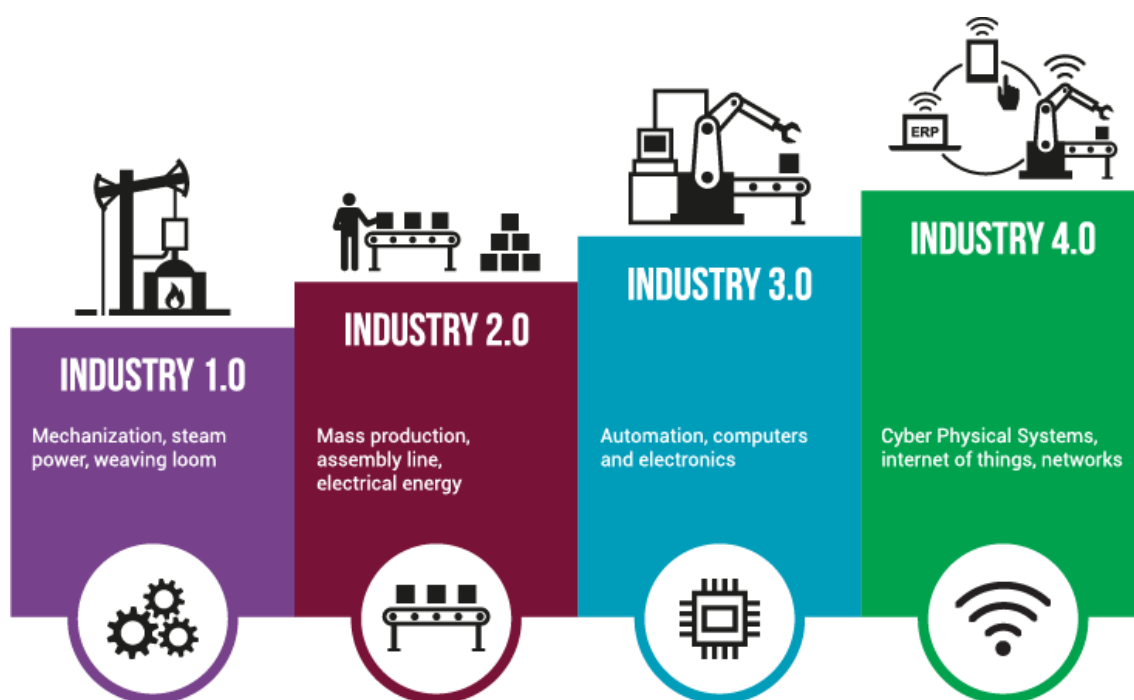
- 1. Krátkodobé rozvrhování*
- 2. Přidělování zdrojů a kapacit*
- 3. Dispečerské řízení*
- 4. Správa dokumentace*
- 5. Sledování toku materiálu*
- 6. Analýza výkonnosti*
- 7. Řízení pracovních sil*
- 8. Řízení údržby*
- 9. Řízení procesu*
- 10. Řízení jakosti*
- 11. Sběr dat“ [4]*



Obrázek 2: „Životní cyklus výrobních a provozních informací“ (Zdroj: <https://www.systemonline.cz/řízení-vyroby/system-mes-jako-strategicky-partner-pro-krizi.htm>)

1.3 Vývoj průmyslu a průmysl 4.0

„Jako první průmyslovou revoluci, která nastala na konci 18. století, označujeme využití vynálezu parního stroje a jeho zavedení do průmyslové výroby. Druhá průmyslová revoluce spadající do počátku 20. století pak připadá na využití elektrických strojů v průmyslové výrobě. Další, v pořadí třetí průmyslová revoluce, souvisí se zaváděním průmyslové automatizace a robotizace na počátku 70. let minulého století.“ [5]

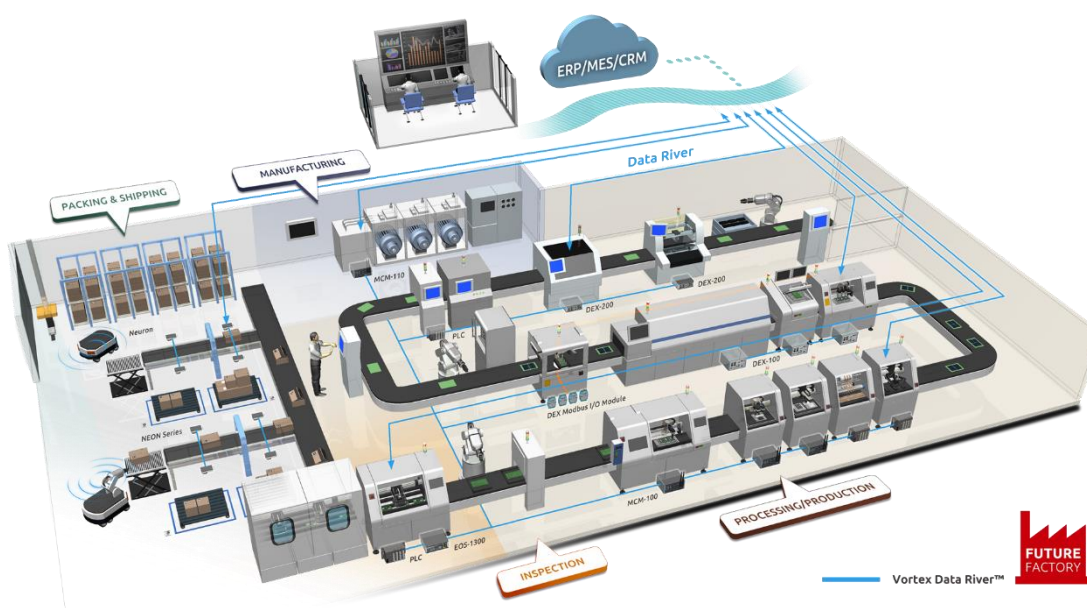


Obrázek 3: Vývoj průmyslu (Zdroj: <https://www.cleanpng.com/png-fourth-industrial-revolution-industry-4-0-internet-2525605/preview.html>)

„Koncepce Průmyslu 4.0 je založena na úplném počítačovém propojení výrobních strojů, zpracovávaných produktů a polotovarů a dalších systémů a subsystémů průmyslového podniku. Předpokládá vytvoření inteligentní distribuované sítě různorodých entit podél celého řetězce vytvářejícího hodnotu. Tedy síť napříč výrobními, ekonomickými, obchodními, logistickými a dalšími úseky. Každá entita je reprezentována softwarovým modulem. Tyto moduly pracují relativně autonomně, navzájem spolu podle potřeby komunikují.“ [5]

1.4 Inteligentní továrna

Takto fungující podnik nazýváme „chytrá továrna“. Každý úsek v továrně je řízen samostatným systémem, ale jednotlivé systémy v továrně spolu komunikují skrze internet věcí a internet služeb. Na základě této komunikace je umožněno provádění rozhodovacích procesů v reálném čase, potřebné pro řízení daného úseku továrny, a tím i řízení celého podniku. Systémy provádějí predikce situací a na jejich základě by měli být schopny se samy rekonfigurovat pro dosažení nejvyšší efektivity.



Obrázek 4: Chytrá továrna (Zdroj: https://www.adlinktech.com/cn/Smart_Manufacturing.aspx)

Na obrázku č. 4 je vidět příklad takové továrny. Továrna je zde rozdělena do několika oddělení. Hlavní částí této výrobní továrny je samozřejmě výrobní linka. Ta se skládá z mnoha různých výrobních strojů, robotických rukou a na konci linky i kontroly výrobků. Celá linka je plná různých senzorů snímajících množství dat zajišťujících plynulý chod linky, jako například teplota, rychlost linky, opotřebení částí linky, četnost špatných výrobků, které byly kontrolou na konci linky odhaleny atd. Tato data o průběhu výroby v reálném čase jsou dále posílána skrze komunikační kanály do řídicího centra, kde se tyto údaje zpracovávají pomocí systémů řízení výroby (ERP, MES, CRM). Pomocí těchto systémů pak řídicí pracovníci rekonfigurují a ladí výrobní procesy pro dosažení

nejvyšší možné efektivitu výroby v reálném čase a také mohou okamžitě reagovat v případě nějakého problému. Po úspěšném průchodu výrobku výrobní linkou je v automatizované baličce zabalen a označen, a poté pomocí inteligentních vozítek převezen na sklad, nebo na expedici. I zde jsou sbírána data, která jsou posílána řídicímu centru. Mohou to být data např. o množství výrobků na skladu, o výrobcích připravených na expedici atd.

1.4.1 Internet věcí

„Internet věcí představuje koncept, v rámci, kterého si fyzické a virtuální objekty (věci) vyměňují data přes síť Internet. Věci (systémy) mohou být v rámci internetu věcí libovolně pospojovány za účelem dosažení vyšších cílů (nových funkcí, složitějších úloh apod.).“ [6]

Spotřebitelský internet věcí	Průmyslový internet věcí
<ul style="list-style-type: none"> • Zaměřen na spotřebitele • Spotřebitelská zařízení • Malé datové toky • Nejedná se o životně důležité systémy 	<ul style="list-style-type: none"> • Zaměřený na průmysl • Stroje/systémy • Velké datové toky • Životně důležité systémy

Obrázek 5: Segmenty IoT a jejich vlastnosti (Zdroj: <http://www.pavelpohanka.cz/internet-of-things/>)

„Hlavní požadavky na internet věcí:

- *sběr dat/informací/znalostí,*
- *uložení dat/informací/znalostí,*
- *analýzu dat/informací/znalostí,*
- *sdílení výsledků,*
- *bezpečnost“ [6]*

Hlavní zaměření průmyslového internetu věcí je:

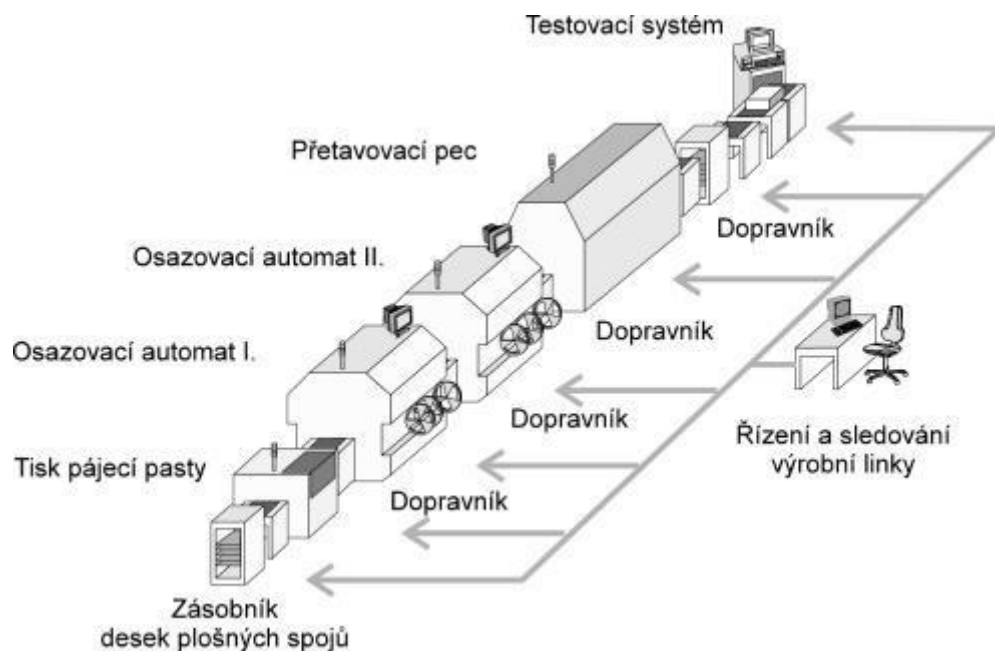
- efektivnější využívání zdrojů
- snížení provozních nákladů
- zvýšení pracovní produktivity
- bezpečnosti pracovníků
- předcházení výpadkům (monitorováním a včasnou údržbou) [6]

1.4.2 Co je to výrobní linka

„Montážní a výrobní linky zefektivňují celý proces montáží. Montážní nebo výrobní linka je provedena dle charakteru produktu a požadovaného stupně automatizace s ohledem na životnost projektu a množství finančních prostředků. Montážní linka slouží pro montáž podsestav nebo sestav a je provedena za účelem splnění všech požadavků na produkt- charakter montáže se zajištěním kvality montáže a finanční rentability-počet operátorů. Výrobní linky jsou navrženy a konstruovány za účelem zajištění požadované produkce výroby. Výrobní linka je navržena vždy tak aby zajišťovala ekonomicky nejvýhodnější způsob zhotovení produktu s důrazem na kvalitu a stabilitu výroby a pokrývala-plnila všechny požadavky zákazníka. Podstatou Výrobní linky je návrh a použití neoptimálnějšího řešení výrobních zařízení s ohledem na charakter výroby, cenu a časovou náročnost jednotlivých operací.“ [7]

Rozsah stupně automatizace:

- soubor ručních pracovišť s přípravky
- soubor pracovišť pro poloautomatickou montáž s manuálním transferem výrobku
- soubor pracovišť pro poloautomatickou montáž s automatizovaným transferem výrobku
- soubor pracovních stanic pro automatickou montáž s automatizovaným transferem výrobku
- robotizovaná montáž“ [7]



Obrázek 6: Schéma výrobní linky (Zdroj: <http://www.smtcentrum.cz/organizace-vyrobní-linky/organizace-vyrobní-linky/>)

1.5 3D skener

Jak už z názvu vyplívá, jedná se o skener, avšak místo naskenování obrázku nebo textu do počítače dokáže 3D skener pořídit trojrozměrný model skenovaného objektu. Takový model může mít různé podoby a lze jej upravovat pomocí CAD aplikací, jako například AutoCAD, Solidworks nebo Rhino. [8] [9]

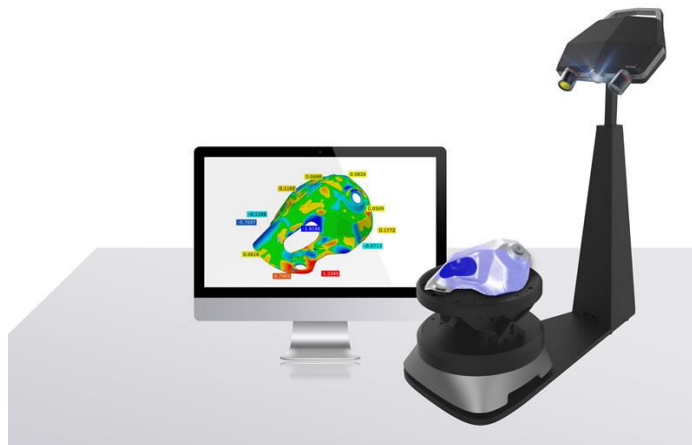
Existuje několik druhů 3D skenerů:

- CT skenery – snímání pomocí rentgenu (velmi přesný). Dokážou zachytit i vnitřní části objektů a také například mikropraskliny nebo vlákna materiálu. Kromě průmyslového využití mají časté využití i ve zdravotnictví.
- Skenery s otočným stolem – snímání pomocí laseru z jedné pozice, objekt se otáčí kolem své osy díky otočnému stolu. Tyto systémy se používají hlavně pro zachycení povrchů menších objektů.
- PCMM skenery – snímání pomocí laseru a robotické ruky (velmi přesný). Zřejmě nejvíce možností využití skeneru.

- Ruční skenery – ruční skener pro rychlé, a spíše přibližné zmapování místa nebo objektu.
- Pozemní skenery – rychlé zmapování nějaké oblasti
- Mobilní skenery – snímání za pohybu [8]



Obrázek 7: CT skener (Zdroj: <https://www.3d-printer.com/industrial-ct-scanners.html>)



Obrázek 8: Skener s otočným stolem (Zdroj: <https://qubic.com.au/solutionix.htm>)



Obrázek 11: PCMM skener (Zdroj: <https://www.canadianmetalworking.com/canadianmetalworking/news/measurement/perceptron-launches-repurposed-cmm-business>)



Obrázek 10: Ruční skener (Zdroj: <https://metrology.news/polyga-adds-handheld-3d-scanner-to-product-line/>)



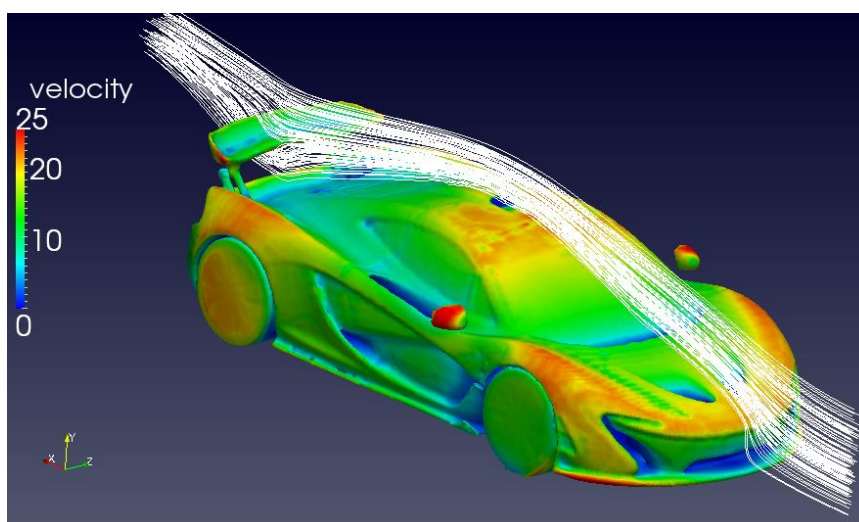
Obrázek 9: Pozemní skener (Zdroj: https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_DAI4/ch01s03.html)



Obrázek 12: Mobilní skener (Zdroj: <https://www.or3d.co.uk/knowledge-base/what-is-3d-scanning/>)

1.5.1 3D modelování

Pomocí 3D modelování jsme schopni virtuálně zobrazit téměř jakýkoliv objekt. Toto zobrazení se využívá například ve filmech (CGI), reklamách, nebo pro tvorbu her, avšak průmyslové využití je ještě větší. V průmyslovém odvětví se 3D modelů využívá hlavně při návrhu nových výrobků, nebo jejich částí, pro simulování chování výrobků v reálném světě (v automobilovém průmyslu to může být například testování aerodynamiky, nebo také testování destrukce v různých situacích). Oproti testům v reálném světě jsou tyto simulace mnohem levnější (není třeba zničit desítky výrobků pro zjištění chování), a rychlejší. I když je většinou potřeba nakonec provést i testy v reálném světě. Ty však slouží spíše jako ověření, a tak stačí provést třeba jen jeden reálný test na konci vývoje výrobku, a tím markantně snížit náklady na vývoj. [8] [10]



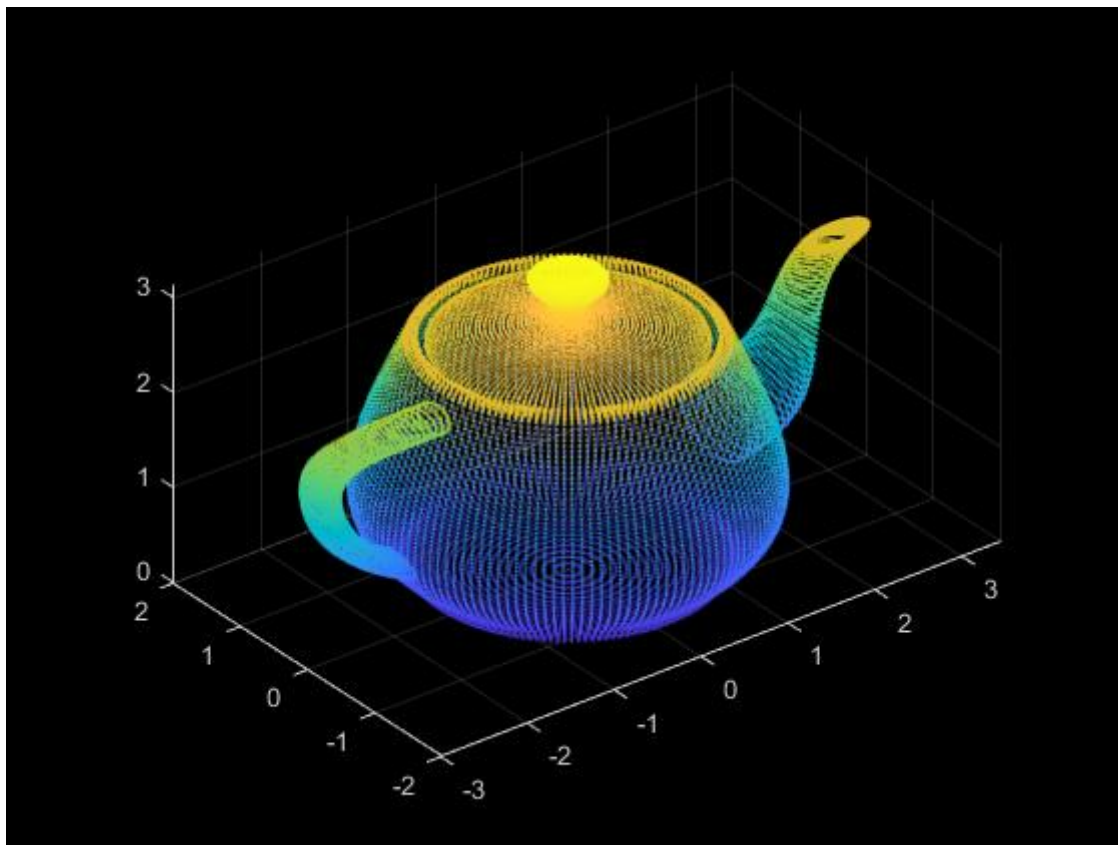
Obrázek 13: Virtuální větrný tunel (Zdroj: <https://www.quora.com/If-supercars-and-hypercars-are-designed-to-be-as-aerodynamic-as-possible-why-don-t-they-all-look-the-same-Take-the-McLaren-and-Koenigsegg-for-example-both-were-designed-for-maximum-aerodynamics-and-down>)

Základní typy 3D modelů jsou:

- Point cloud
- Polygonová síť

Point cloud

Jedná se o nejjednodušší model. Je určený pomocí bodů v souřadnicovém systému XYZ. Každý bod má tedy svoji souřadnici a může mít určenou barvu. Nic víc o bodu neukládáme, a díky tomu jsou tyto modely kapacitně nenáročné (oproti polygonové, nebo třeba trojúhelníkové síti). [8]



Obrázek 14: Čajová konvice vytvořená pomocí Point cloud (Zdroj: https://es.mathworks.com/help/vision/ref/pcread.html#responsive_offcanvas)

Polygonová síť

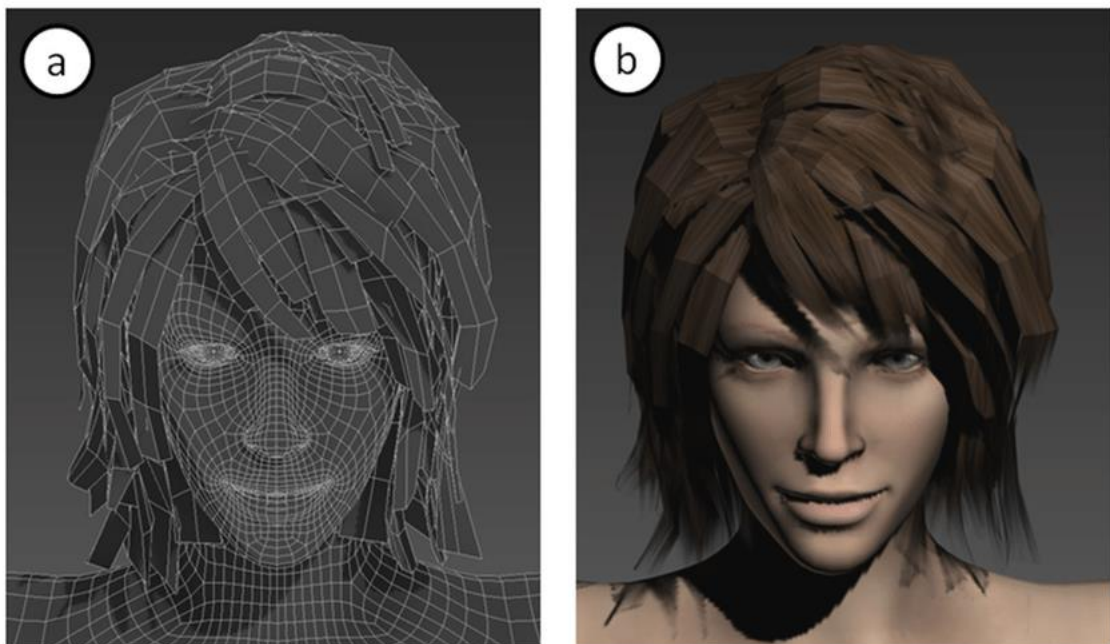
Je vytvořena spojením bodů v prostoru pomocí úseček. Vychází tedy z point cloud. Je to jedna z nejčastějších metod pro zobrazení 3D modelů. [11]

Výhody:

- Může být použita pro modelování většiny objektů
- Snadné zobrazení (množina vrcholů)
- Počítač je schopen ji rychle vykreslit
- Snadno se dá transformovat [11]

Nevýhody:

- Zaoblení je možné zobrazit pouze přibližně
- Některé typy objektů je těžké nasimulovat (např. tekutiny) [11]



Obrázek 15: Lidská tvář zobrazena pomocí polygonové sítě (Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/3D-model-of-a-human-body-a-polygon-mesh-without-textures-b-mesh-with-textures-mapped_fig2_259167306)

1.6 3D tiskárna

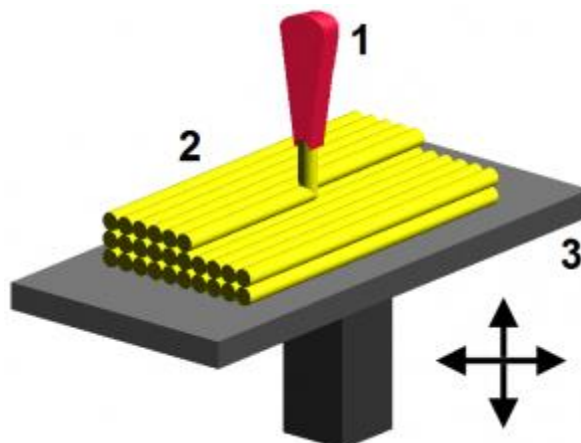
Je stoj, který má za úkol převést 3D model nějakého objektu z počítače do reálného světa. Existuje mnoho druhů těchto tiskáren lišících se principem tisku, od těch pro domácí použití, až po velké průmyslové tiskárny.

Typy 3D tiskáren:

- FMD-Fused deposition Modeling
- DPL-Digital Light Processing
- SLA-Stereolithography
- SLS-Selective Laser Sintering
- SLM-Selective Laser Melting
- EBM-Electronic Beam Melting
- LOM-Laminated Object Manufacturing
- BJ-Binder Jetting
- MJ-Material Jetting

1.6.1 FMD tiskárny

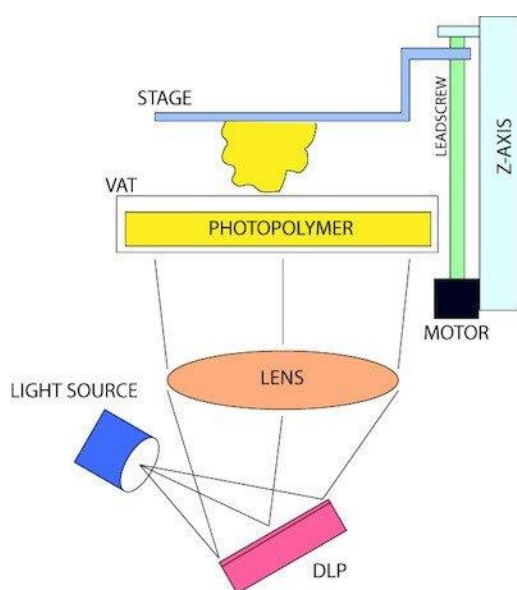
Materiál je protlačován zahřívanou tryskou umístěnou na pohyblivém rameni, a ta objekt vrstvu po vrstvě „kreslí“. Výsledný objekt může mít viditelné jednotlivé vrstvy, a pro zdokonalení povrchu je zapotřebí ruční obroušení. [12]



Obrázek 16: Princip tisku FMD tiskáren (Zdroj: <https://3dinsider.com/3d-printer-types/>)

1.6.2 DPL tiskárny

Tyto tiskárny mají vyšší rychlost tisku, a to díky tomu, že celou vrstvu tisknou najednou. Principem tisku je nádoba s tekutou pryskyřicí, která je vytvrzována světlem. Světlo je zde promítáno pomocí projektoru, který zobrazí celou vrstvu naráz. Po vytvrzení pryskyřice se základna s vytištěnou vrstvou posune, tekutá pryskyřice zaplní prázdné místo a projektor promítne další vrstvu. Z hotových objektů je třeba pomocí chemické koupele odstranit tekutou pryskyřici. Objekty vytvořené touto metodou mají vysoké rozlišení, díky tomu je jejich povrch hladký (jednotlivé vrstvy nejsou rozpoznatelné) i bez broušení [12]

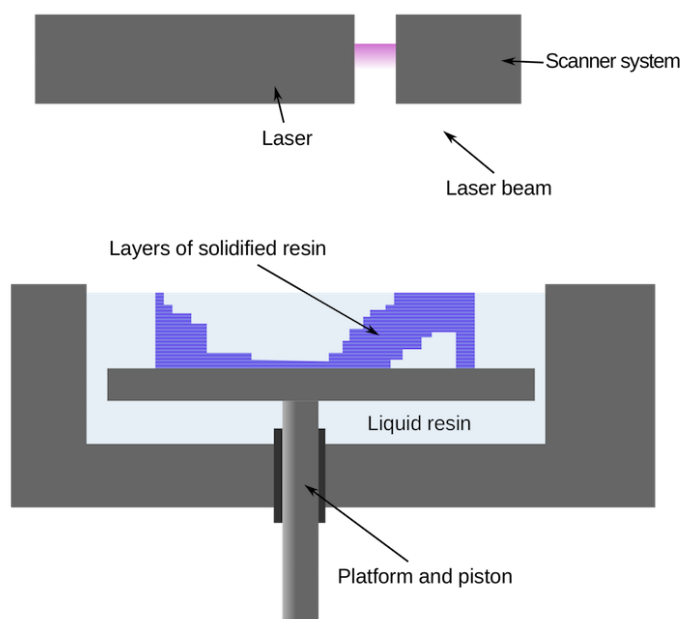


Obrázek 17: Princip DLP tisku (Zdroj: <https://www.meee-services.com/what-are-different-types-of-3d-printing/digital-light-processingdpl/>)

1.6.3 SLA tiskárny

Tyto tiskárny fungují na podobném principu jako DPL tiskárny s tím rozdílem, že místo projektoru, který osvětluje vrstvu je zde ultra-fialový laser, který vrstvu vykresluje postupně za pomoci pohyblivých zrcadel. Pro zpevnění může být objekt dán do ultra-fialové pece. Z hotových objektů je třeba pomocí chemické koupele odstranit tekutou

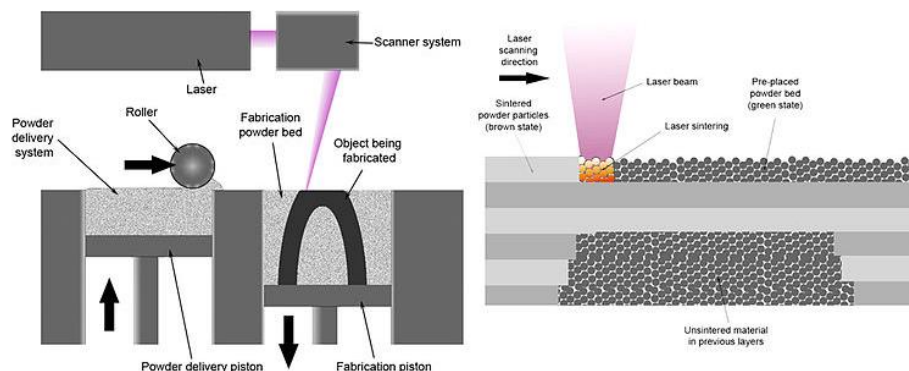
pryskyřici. Kvůli vykreslování vrstvy postupně je oproti DPL tisku podstatně pomalejší, jsou však vysoce kvalitní (mají vysoké rozlišení). [12]



Obrázek 18: Princip SLA tisku (Zdroj: <https://3dinsider.com/3d-printer-types/>)

1.6.4 SLS tiskárny

Principem fungování těchto tiskáren je spékání prášku pomocí vysoko-výkonného laseru. Na základnu je nanесena vrstva prášku (práškem může být více druhů materiálu), laser postupně speče vrstvu a je nanесena další vrstva prášku. Prášek je nutno z hotového objektu odstranit, avšak díky němu tiskárna nemusí vytvářet podpůrné konstrukce v průběhu tisku, jako u jiných tiskáren (jako podpůrná konstrukce funguje prášek). Principem se tedy podobají SLA tiskárnám, avšak mají velké spektrum použitelných materiálů. [12]



Obrázek 19: Princip SLS Tisku (Zdroj: <https://3dinsider.com/3d-printer-types/>)

1.7 Robotická ruka

Jedná se o stroj, který má za úkol provádět ve výrobě určitou práci, a to rychle, efektivně a velice přesně. Mohou zastávat nejrůznější práce, od přemísťování výrobků, jejich otáčení, přidržování, až ke složitějším pracím, jako jsou montáž výrobků, svařování, nebo například pájení integrovaných obvodů. Díky množství prací, které mohou zvládnout existuje mnoho druhů těchto rukou. Naprostá většina těchto rukou nemá více než šest kloubů poháněných krokovými motory a řízenými počítačem. Robotické ruky jsou ideální pro práce, které jsou neměnné, opakovatelné a vyžadují vysokou přesnost. [13]

Typické úkoly řešené pomocí robotických rukou:

- Obrábění – pouze základní, pro pokročilé obrábění je zapotřebí CNC stroj
- Přemísťování – řízení pohybu výrobku výrobní linkou
- Svaření
- Třídění
- Barvení [14]



Obrázek 20: Ukázka automatizované výrobní linky, konkrétně výroba automobilů (Zdroj: <https://www.teslarati.com/tesla-tsla-shares-50-percent-rally-negative-media-coverage-baird/tesla-body-assembly-line/>)

1.8 CNC stroj

Je počítačem řízený obráběcí stroj. K výrobě může být použito různých materiálů, např. dřevo, oceli, plasty. Podobně jako 3D tiskárny i CNC stroje pracují s 3D modelem výrobku, avšak na rozdíl od 3D tiskáren s tímto modelem pracují trochu jinak. 3D tiskárna model „rozřeže“ a staví ho od nuly, zatímco CNC stroj výrobek vyrábí obráceně, tedy začíná s kusem materiálu, a z něj pomocí různých obráběcích nástrojů odděluje přebytečný materiál, dokud nezůstane finální výrobek. Oproti 3D tiskárně tak tyto stroje nejsou schopny vždy vyrobit celý výrobek naráz (jedná-li se o složitější výrobek složený z více částí), ale musí jej vyrobit po jednotlivých dílech. To znamená že jsou samozřejmě pomalejší a slouží primárně k finální výrobě. Pokud by se výrobky vyráběli rovnou na CNC stroji, bez předchozího zdokonalení modelu pomocí simulací a 3D tiskárny, každá chyba na výrobku by firmu stála mnohem více času a materiálu. [15] [16]

Typické úkoly CNC stroje:

- Frézování – ovládání otočné frézy, statický výrobek
- Vrtání – vrtání děr, statický výrobek
- Otáčení – ovládání statického nástroje, výrobek se otáčí
- Protahování – ovládání statického nástroje, statický výrobek
- Řezání – ovládání pily k řezání přímek [14]



Obrázek 21: CNC stroj (Zdroj: <https://www.datrontechnology.cz/cnc-stroje/cnc-frezovani/m10pro/#groupidm45747599051520-1>)

2.1 Místnost výroby

Tato místnost, jak už z jejího názvu vyplívá, se zabývá samotnou výrobou. Má tedy simulovat výrobní linku. Tato linka je dále rozdělena na jednotlivá pracoviště. Každé pracoviště má svůj přidělený úkol ve výrobě. Dále je v této místnosti robotická ruka, která by měla být na některém pracovišti nasazena pro zautomatizování tohoto kroku výroby.

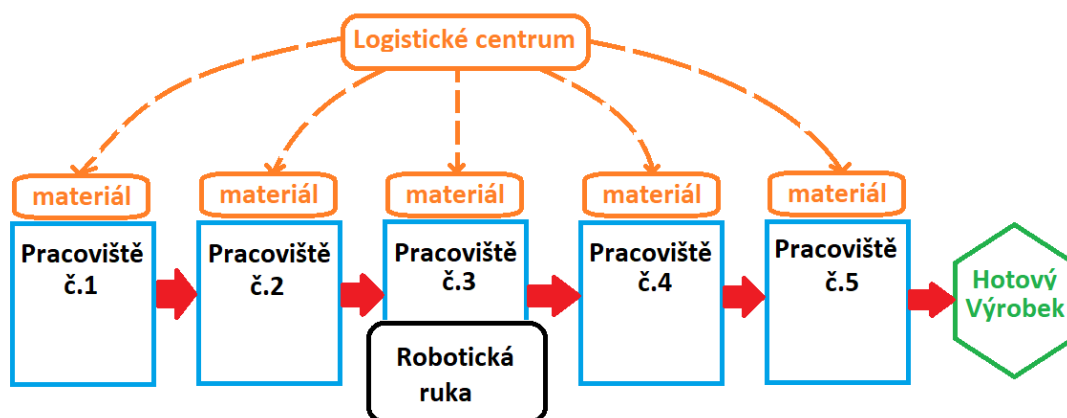


Obrázek 23: Terminály pro jednotlivá pracoviště (Zdroj: Vlastní fotografie)



Obrázek 24: Jednotlivá pracoviště (Zdroj: Vlastní fotografie)

Na obrázku č.24 můžeme vidět naznačenou místnost výroby pomocí jejího schéma.



Obrázek 25: Schéma místnosti výroby (Zdroj: Vlastní tvorba)

Na tomto schématu je celkem jasně vidět, že výroba je rozdělena na pět pracovišť a každé pracoviště má svůj materiál, který na úkol potřebuje. Tento materiál zajišťuje logistické centrum, které má za úkol nenechat pracoviště bez materiálu. Červenými šipkami je naznačen směr výroby, ukončený hotovým výrobkem. Robotická ruka je umístěna na pracovišti č.3, avšak může být v případě potřeby, nebo spíše v případě možnosti zlepšení výkonosti přesunuta na jiné pracoviště.

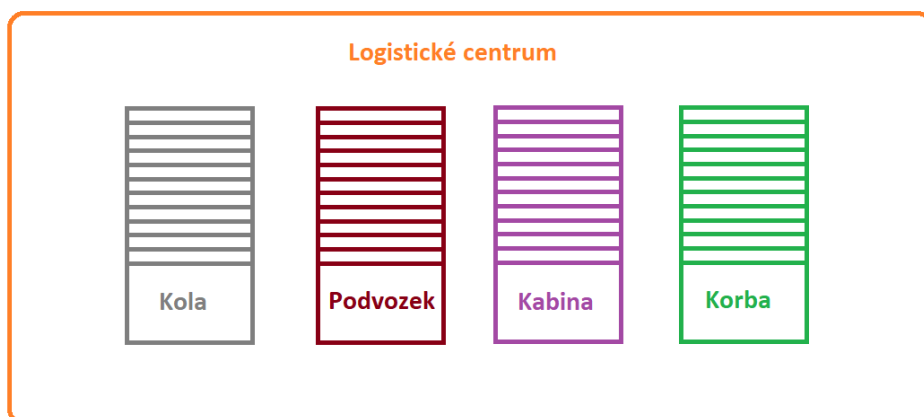
Tato výroba má být zaměřena na výrobu plastových autíček, která jsou na obrázku č. 23



Obrázek 26: Plastové autíčko (Zdroj: Vlastní fotografie)

2.2 Logistické centrum

Tato místnost je v podstatě sklad dílů potřebných pro výrobu. Hlavním úkolem je dodávka dílů na určené místo výroby. Díly jsou zde uspořádány do krabic, které jsou pomocí vozíku doručovány na místo určení v potřebném čase.



Obrázek 27: Schéma logistického centra (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z takto seříděných skladových zásob je pak velice jednoduché vybrat podle požadavků jednotlivých pracovišť co kam přivést, ale také je lehké sledovat množství dostupného materiálu na skladu. Např. pracoviště č.1 potřebuje pro výrobu kola a podvozek, takže jakmile začnou pracovišti č.1 docházet zásoby, přijede z logistického centra vozík, s koly a podvozky. Jakmile začne na skladu docházet materiál, musí být naskladněn nový.

V této místnosti se nachází i CNC stroj.

2.3 Sekce vývoje prototypů

Tato část laboratoře je nejzajímavější částí ať už z pohledu vybavení, tak i z pohledu využitelnosti.

V této sekci se totiž nachází přístroje, které umožňují výrobu prototypů, jejich úpravu a kontrolu.

Prototyp může být vytvářen dvěma způsoby:

- „Z ničeho“ (od začátku)
- Ze vzorku

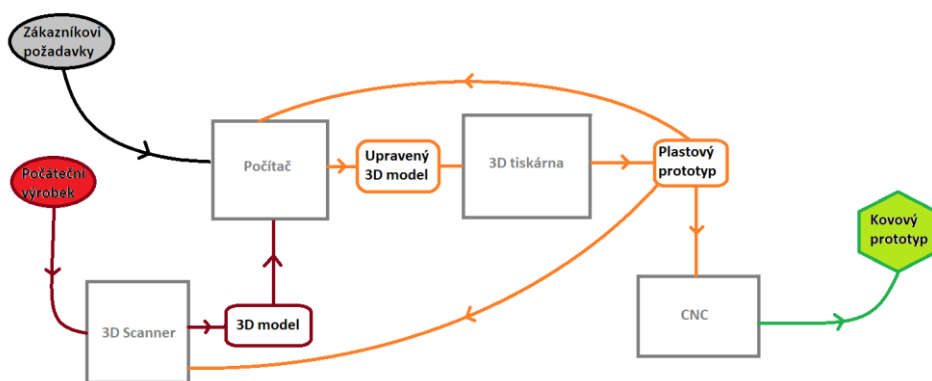
Rozdíl mezi těmito způsoby je v začátku vývoje, kdy při vývoji ze vzorku již máme nějakou věc, kterou potřebujeme zdokonalit, nebo na jejím základu postavit něco podobného. Tuto věc můžeme pomocí 3D skeneru zobrazit v počítači a začít s úpravami. Zatímco když začínáme z ničeho, tak to znamená, že požadovaný prototyp musíme rovnou navrhnout na počítači pomocí programů na tvorbu 3D modelů.

Pokračování postupu už je pro oba způsoby shodné.

Po dokončení úprav na 3D modelu zadáme výrobu našeho prototypu 3D tiskárně, která prototyp vyrobí z plastu. Hotový prototyp pak zhodnotíme, zjistíme, kde se objevují nedokonalosti a celkově zkontrolujeme, že prototyp odpovídá našim požadavkům.

Pokud s prototypem nejsme spokojeni, tak je nutné 3D model v počítači upravit, případně znovu skenovat. Dále dáme tisknout nový prototyp, a takto to opakujeme, dokud není prototyp v požadované kvalitě.

Až se nám podaří prototyp vyrobit dle představ, tak přichází poslední fáze výroby prototypu, a tou je skutečná výroba pomocí CNC stroje.



Obrázek 28: Schéma sekce vývoje prototypů (Zdroj: Vlastní zpracování)

Na následujících obrázcích jsou stroje v laboratoři (3D skener, 3D tiskárna, CNC stroj), a na následujícím obrázku je naznačené schéma fungování laboratoře.

3D skener Atos CORE 300



Obrázek 29: 3D scanner (Zdroj: Vlastní fotografie)

3D tiskárna Stratasys F170



Obrázek 30: 3D tiskárna (Zdroj: Vlastní fotografie)

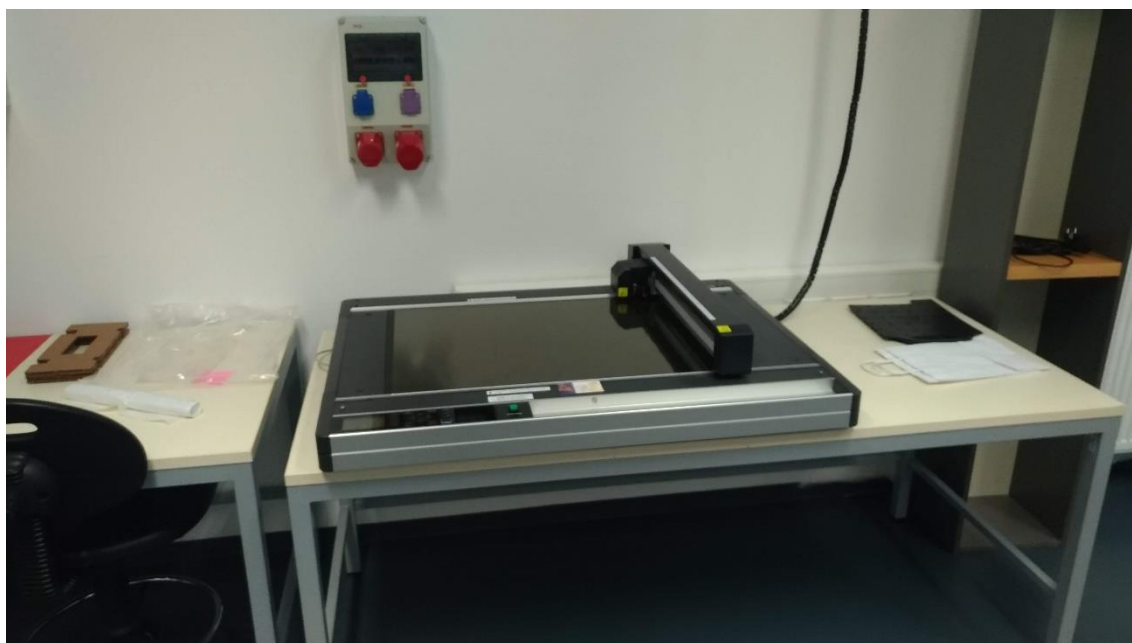
CNC stroj EMCO Concept Mill 55



Obrázek 31: CNC stroj (Zdroj: Vlastní fotografie)

I přes to, že CNC stroj se fyzicky nenachází v této laboratoři, ale v místnosti logistiky, funkcí se řadí ke strojům této místnosti, a proto je zde zahrnut.

Plotr Graphtec FCX4000



Obrázek 32: Plotr (Zdroj: Vlastní fotografie)

Plotr je řezací typ CNC stroje, tento je určený na řezání např. samolepicích fólií, nebo kartonu.

2.4 Vývojová sekce programů

V této místnosti se nachází několik PC vhodných k modelování a programování a dataprojektor. Tato místnost bude mít hlavní využití nejspíše jako počítačová učebna, s tím že by se zde mohli studenti programovat a vytvářet, nebo upravovat 3D modely.



Obrázek 33: Vývojová sekce programů (Zdroj: Vlastní fotografie)

Hlavním účelem této místnosti je však výuku práce s ERP a MES a CRM systémů.

„Umožňuje plánovat, realizovat a vyhodnocovat cílené marketingové kampaně, identifikovat a zpracovávat obchodní příležitosti a také procesně správně zpracovávat jednotlivé kroky obchodních případů. Dále bude sloužit jako výchozí tržní informace pro návrh produktu.“ [17]

3 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

V rámci návrhu řešení se zabývám pouze sekci vývoje prototypů. Tato část má největší potenciál a nejvíce možností využití. Ostatní sekce nemají kromě výuky jiné rozumné, efektivní využití.

V případě Místnosti výroby je to zcela jasné, jelikož tato místnost by měla sloužit jako simulace výrobní linky. Plnohodnotnou výrobní linku není schopna nahradit, jelikož úroveň automatizace této linky je velice nízká (pouze 1 z 5 pracovišť). To znamená, že by zbylá pracoviště museli obsluhovat lidé. Plně automatizovanou výrobní linku by bylo možné nabízet externím subjektům například do pronájmu, avšak pořizovací cena takové linky by byla nesmyslně vysoká pro potřeby školy, a jakožto především výukové pomůcky by nebyly využity do té míry, aby taková investice měla smysl.

Logistické centrum je úzce propojeným oddělením s místností výroby, a tudíž se jeho využití také nehodí pro jiné než výukové potřeby.

Ve vývojové sekci programů (počítačové učebně) by bylo možné kromě klasické výuky, která probíhá na ostatních počítačových učebnách fakulty provádět i výuku základů 3D modelování a úpravy naskenovaných dat pro potřeby 3D tiskárny. Taková výuka by tedy zahrnovala výuku ovládání CAD aplikací, což je zaměření spíše pro fakultu strojního inženýrství, ale do takové hloubky jako na FSI by samozřejmě nebylo nutné dojít. Navíc s nástupem průmyslu 4.0 jsou tyto aplikace využívány čím dál častěji, využívá je stále více firem, a tím i porozumění těmto aplikacím je čím dál tím důležitější.

Sekce vývoje prototypů je však díky svému vybavení schopna i jiného využití nežli jen výuky. Paradoxně se na plnohodnotnou výuku práce se stroji laboratoře se ani moc nehodí. Je to způsobeno hlavně tím, že na strojích, které zde jsou není zkrátka možné vystřídat více studentů. Ať už vezmeme jakýkoliv stroj (3D skener, 3D tiskárnu, nebo CNC stroj) všechny potřebují pro provedení své práce velké množství času. Aby jeden student na 3D tiskárně vytisknul jeden předmět, je nutné nechat 3D tiskárnu několik hodin pracovat (se složitostí a velikostí se čas samozřejmě zvyšuje).

Podobně to platí i pro 3D skener. V případě CNC je to ještě horší, protože tyto stroje potřebují častější údržbu a materiál, který zpracovávají (především kovy) jsou výrazně dražší než plasty používané 3D tiskárnami.

Možnosti využití této místnosti bych rozdělil do těchto tří kategorií:

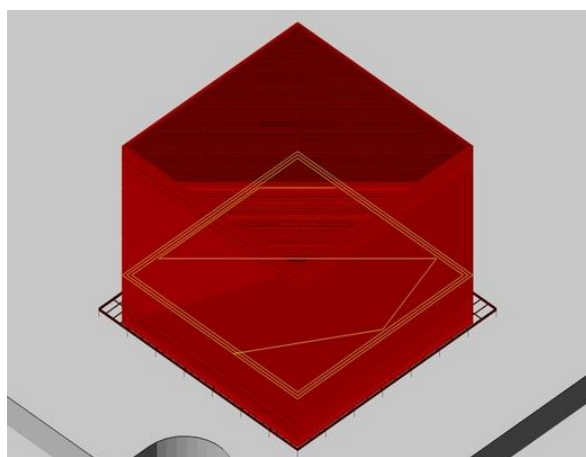
- Výukové využití
- Komerční využití
- Jiné využití

3.1 Využití pro potřeby výuky

Klasická výuka je v prostorách sekce výroby prototypů je z důvodů časové náročnosti velice obtížná. Z pohledu 3D tiskárny by bylo možné vyrobit maximálně 2-3 výrobky denně, v závislosti na daném objektu.

Příklad tisku:

„Rychlost tisku a spotřebu materiálu zásadně ovlivňují dva parametry – požadovaná kvalita a vnitřní výplň. Dalším nezanedbatelným parametrem je pak také složitost výtisku, tu však můžeme v našem případě vynechat.“



Obrázek 34: Model příkladu (Zdroj: <https://www.easycnc.cz/inpage/spotreba-materialu-a-doba-tisku/>)

Modelový příklad, který jsme pro přiblížení této problematiky vytvořili, počítá s vytištěním jednoduché krychle o straně 5 cm. Následující tabulka pak zobrazuje vypočtenou spotřebu materiálu a dobu tisku pomocí software NetFabb:

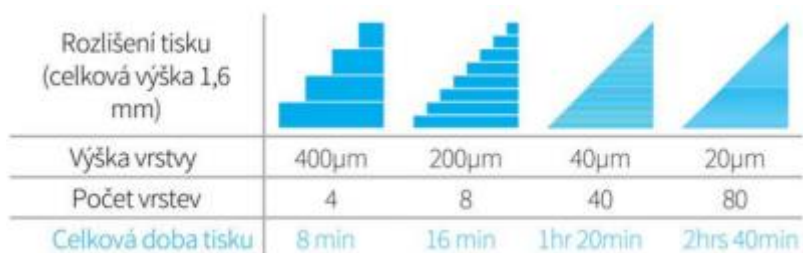
Tabulka 1: Rychlost 3D tisku (Zdroj: <https://www.easycnc.cz/inpage/spotreba-materialu-a-doba-tisku/>)

Kvalita tisku	Výplň	Doba výtisku	Spotřeba materiálu
Very high	5%	3h 40 min	19.2g
Concept	5%	1h 5 min	33.5g
Very High	80%	8h 35 min	73.4g
Concept	80%	2h 36 min	94.0g

Jak nám tabulka ukazuje, takovouto kostku je možné tisknout lehce přes jednu hodinu, ale také osm hodin. Spotřeba materiálu se nám pak pohybuje v rozmezí 19-94 gramů.

Standartní výtisky se zpravidla tisknou na vysokou či velmi vysokou kvalitu s nastavením výplně 25-35 procent. Speciální kapitolou jsou pak například výtisky s vkládanými součástmi.“ [18]

Samozřejmě tím hlavním, co ovlivňuje rychlost tisku je tiskárna. Nezáleží pouze na technologii, kterou používá k tisku, ale i na použitém modelu tiskárny (logicky velká průmyslová 3D tiskárna zvládne tisk lépe a rychleji než malá domácí 3D tiskárna, která se dá již za pár tisíc pořídit.). Z článku výše vidíme, že dostat se s dobou tisku pod 1 hodinu by bylo téměř nemožné. Objekt by musel být velice malý, dutý (téměř), složený jen z velmi mála vrstev, což by mělo na tak malém objektu za následek to, že by nebyl dobře rozpoznatelný, kromě základního obrysu.



Obrázek 35: Závislost času na rozlišení tisku (Zdroj: <https://makerslab.cz/3d-tisk-pla/>)

Pro tisk nějakého malého jednoduchého objektu s minimální výplní proto uvažujme čas kolem 4-5 hodin (odhad dle tabulky). To by znamenalo, že během jednoho dne by bylo možné takových objektů vytisknout jen několik, např. dva až tři. Aby se zde vystřídala celá cvičící skupina (většinou kolem 30 lidí) bylo by na to potřeba nejméně 15 dní, a to za předpokladu, že by vše proběhlou bez problémů a na první pokus. Reálně by na to bylo potřeba dní více. V případě jakýchkoliv složitějších, větších objektu by tento čas výrazně vzrostl. Samozřejmostí také je, že, jelikož se jedná pouze o stroj, je třeba aby se o něj někdo neustále staral, obsluhoval jej, a kontroloval, že vše probíhá, jak má. (Člověk zde nemusí samozřejmě celou dobu tisku být, ale je třeba aby byl dostupný, v případě potřeby). Mohou zde totiž nastat problémy během tisku ať už nedostatek materiálu, nebo nějaký problém s modelem, nebo samotnou tiskárnou.

Mnohem realističtější využití by bylo v rámci výuky 3D modelování provést ukázky práce s tímto strojem. Zpracovávání projektů v 3D softwaru na PC, ze kterých by například nejlepší projekt měl možnost skutečného tisku na konci semestru.

V této části jsem jakožto příklad popisoval pouze využití a problematiku 3D tiskárny, avšak zbytek místnosti je na tom velice podobně.

Dalším možným výukovým využitím by mohla být obdoba více popsaného, avšak jednalo by se pouze o předmět volitelný a s omezenou kapacitou.

3.2 Komerční využití

Základní myšlenkou tohoto využití je pronájem „schopností“ strojů laboratoře.

Při tomto využití bereme místnost jako „vývojové 3D studio“. Studio, ve kterém zájemce přednese své požadavky na výrobu nějakého objektu. Po posouzení je mu nabídnuto řešení s předpokládaným časem a cenou projektu. Je tedy nutné, aby někdo, kdo ovládá technologie místnosti, s klientem probral potencionální projekt, a byl schopný projektu věnovat potřebný čas a znalosti.

3.2.1 Nacenění úkonů

Pro tvorbu cenového návrhu je třeba individuální posouzení projektu.

Pro 3D tisk platí, že i vzhledově velmi podobné objekty se mohou totiž lišit v mnoha ohledech, které cenu ovlivňují. Jedná se především o:

- Materiál – Základní materiály jsou většinou PLA a ABS. Materiál může obsahovat i příměsi např. dřevo, nebo měď, které cenu také zvýší.
- Výplň – V tabulce č.1 vidíme, že výplň ovlivňuje především 2 faktory, a těmi jsou čas tisku a spotřeba materiálu. Tím i výrazně ovlivňují cenu výrobku.
- Složitost – Složitější objekty se tisknou podstatně déle, a může být zapotřebí při jejich tisku ještě tisk podpor, které se z výsledného objektu odstraní.
- Kvalita tisku – Z tabulky č.1 je patrné, že vyšší kvalita tisku negativně ovlivňuje čas tisku, avšak snižuje spotřebu materiálu. [19]

Cenu výsledného objektu tedy můžeme určit jako součet hodinové sazby stroje a spotřebovaného materiálu.

U 3D skenu je to trochu jednodušší, hlavní faktory ovlivňující cenu skenu jsou:

- Složitost – Složitější objekty se skenují podstatně déle.
- Počet skenování – může být zapotřebí více skenů pro tvorbu kvalitního 3D modelu. [19] [20]

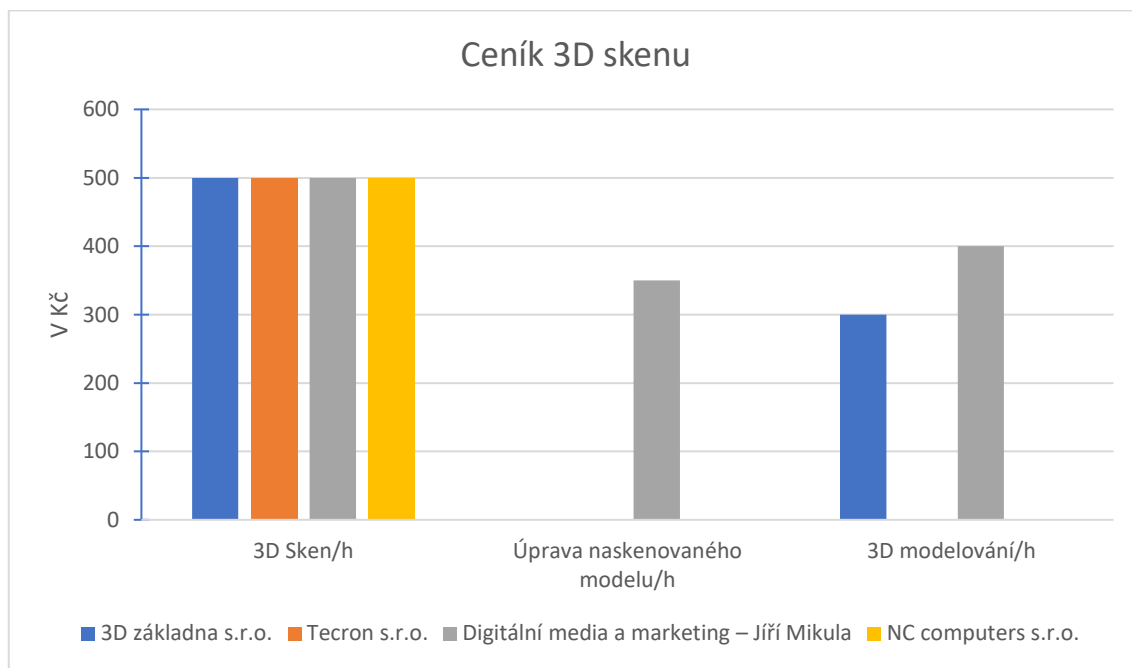
Oba tyto faktory ovlivňují čas, a tudíž cenu skenu můžeme určit hodinovou sazbou stroje.

Ceník CNC stroje je určen materiálem a hodinovou sazbou (oproti 3D tiskárně může být i několikanásobně vyšší).

Příklady ceníků:

3D Sken:

Pro porovnání jsem vybral několik firem a jejich služby. Těmito firmami jsou 3D základna s.r.o., Tecron s.r.o., NC computers s.r.o. a Digitální media a marketing – Jíří Mikula. Porovnávacími kategoriemi jsou samotný 3D sken, úprava 3D skenu, a samotné 3D modelování.



Graf 1: Ceník 3D skenu (Zdroj: Vlastní zpracování dle: [19] [20] [21] [22])

Z údajů grafu č.1 je vidět, že 3D sken se u všech firem drží na stejné hranici a tou je 500 Kč/h, avšak jedná se o cenu základní, která se složitostí skenu a případnou potřebou úprav stoupá.

3D sken od 3D základny:

Tabulka 2: Nabídka od 3D Základna (Zdroj: [19])

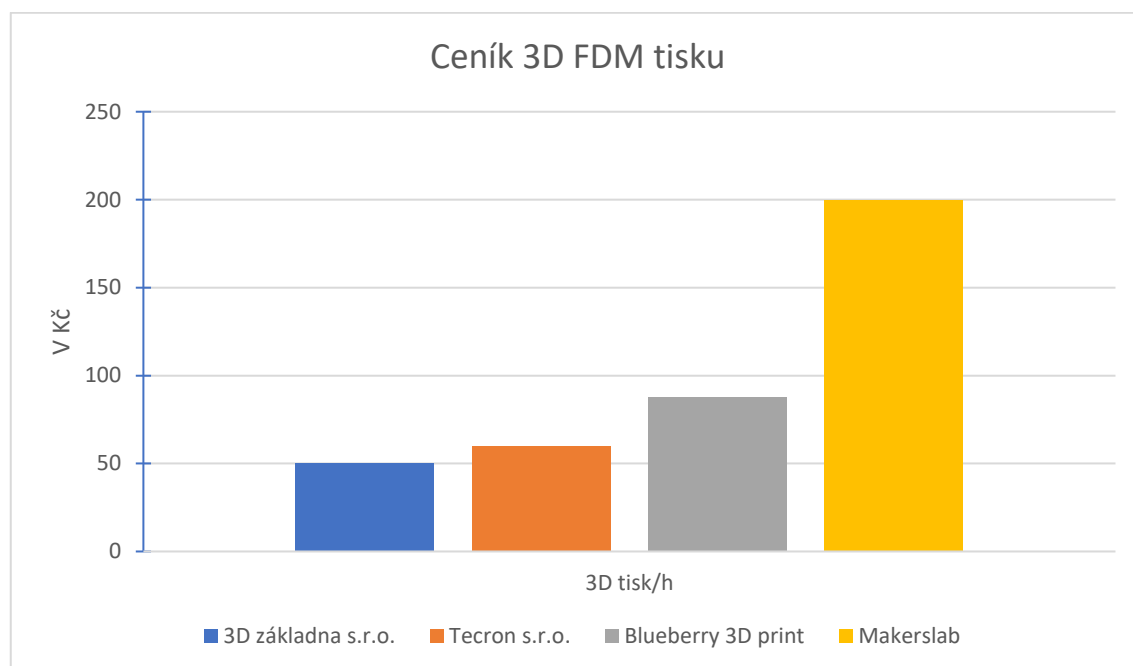
3D skenování	skenování, úprava modelu, datový soubor pro zákazníka, případné lepení dílu	od 500 Kč / h.
-----------------	--	----------------

V tabulce č.2 jsou informace o nabídce od 3D základny, kde můžeme vidět, že například úprava modelu je součástí ceny skenu modelu. Zatímco nabídka od Digitální media a marketing má tyto úkony rozdělené.

Výsledné ceny jsou vždy tvořeny individuálně.

3D Tisk:

Opět v porovnání figuruje několik firem, a to Blueberry 3D print, Makerslab, 3D Základna, Tecron s.r.o.



Graf 2: Ceník 3D tisku (Zdroj: Vlastní zpracování dle: [19] [20] [23] [24])

Ceny 3D tisku se velmi liší, ale je to způsobeno službami, které jednotlivé firmy do 3D tisku zahrnují. Jedná se o základní úpravu modelu (většinou automatickou opravu v softwaru pro tvorbu 3D modelů) a různé úrovně post-processingu. Pod tímto názvem se skrývá několik činností, od základního očištění modelu, odstranění podpor, které bylo třeba v průběhu tisku, avšak může se jednat i o pokročilé broušení a úpravy povrchu, barvení, lakování atd.

3.2.2 Příklad – 3D studio na FAVU VUT Brno

„Na Fakultě výtvarných umění VUT v Brně vzniklo v roce 2007 3D studio, které je prvním 3D studiem na umělecké škole v ČR a teprve druhé v Evropě, které má k dispozici 3D technologie s metodou FDM (Fused Deposition Modeling) a 3D optical digitizing. Tyto metody lze uplatnit v umělecké tvorbě k usnadnění technologických postupů a zrychlení realizací náročnějších projektů. V současné době studio disponuje 3D scannerem ATOS I, s jehož pomocí lze převádět fyzické modely do digitální podoby, a je možno s nimi dále pracovat ve virtuálním prostředí počítače. Ve specializovaném programu se

virtualizované modely dále upravují a za pomoci 3D tiskárny je lze převést zpět do reálných, fyzických modelů.“ [25]

Jedná se tedy o studio, které se vybavením podobá naší laboratoři a nabízí služby pro veřejnost.

Zde je jejich zjednodušený ceník pro veřejnost:

Tabulka 3: Ceník 3D studia na FAVU VUT Brno (Zdroj: <http://3dstudio.fffa.vutbr.cz/cenik.php>)

Služby	Informace	Cena
3D Sken	Sken + zákl. úprava	1000,- Kč/h bez DPH
3D tisk	Sádro-kompozitní materiál	17Kč/cm3
	ABS mat. + tisk podpor	17Kč/cm3 + 17Kč/cm3
Robotické obrábění	Sazba za hodinu strojového času	1000,- Kč/h bez DPH
	Upnutí materiálu	200,- Kč
	Příprava	Individuální
	umístění jednoho souřadného systému	200,- Kč
Post-processing		individuální
Úprava modelu ve formátu .STL	Automatické	Zdarma
	Ruční	300,- Kč/h vč. DPH.

Příklad postupu výroby z tohoto studia:

„Skenování sochy Salvátora Dalího a tisk zmenšeného modelu“ [25]

1. Originální socha Salvatora Dalího, čekající na sken



Obrázek 36: Socha S. Dalího (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)

2. Naskenovaný (a upravený) 3D model sochy v počítači



Obrázek 37: 3D model sochy (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)

3. Vytisknuté části sochy (tmavé části jsou podpory, které byly pro tisk nezbytné)



Obrázek 38: Vytisknuté díly sochy (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)

4. Díly sochy prošli základním post-processingem (čištění, odstranění podpor)



Obrázek 39: Vytisknutá socha po základním post-processingu (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)

5. Kompletně dokončený model sochy, který prošel pokročilým post processingem (Broušení, barvení)



Obrázek 40: Hotový model sochy (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)

3.2.3 Shrnutí

Když si vezmeme výše uvedený příklad studia, tak vidíme možný směr, kterým by se fakulta mohla vydat. Pokud by se tedy fakulta rozhodla řešení použít, bylo by nutné přiřadit k tomuto účelu nějaký personál, který by se o tyto záležitosti staral, zvládal obsluhu těchto strojů, ovládal by základní 3D modelování, a byl schopný se zákazníky komunikovat. Dalším krokem je prezentace takového studia, nejlépe pomocí internetu. Vytvoření webu pro tyto potřeby se základními informacemi pro zákazníky. Důležitým bodem, který by pomohl je nějaká forma propagace, např. skrze hlavní stránky fakulty.

3.3 Jiná využití

Škole a fakultě může tato laboratoř být užitečná k propagaci. Zde je tedy hlavním cílem zviditelnění školy a fakulty a také zlepšení jejich „image“. To může být provedeno třeba pomocí výroby několika prototypů různých modelů, které mohou být použity na předváděcích akcích škol, jako je například každoroční festival vzdělávání Gaudeamus. Samozřejmostí také je, že takováto laboratoř zanechá velmi dobrý dojem během dne otevřených dveří na fakultě.

V letošním roce se však ukázala možnost využití takových laboratořích i pro účely zdravotní, a to sice v souvislosti s pandemií COVID-19. Většina firem, které mají k dispozici tyto stroje (především 3D tiskárny), se rozhodlo tyto stroje využít na výrobu zdravotnického materiálu, aby tak pomohly vykrýt nedostatky, které pandemie vyvolala.

„Tým zaměstnanců a studentů VUT vyvinul ochrannou polomasku vytisknutelnou i na běžné 3D tiskárně bez použití speciálních materiálů.“ [26]

Materiály k výrobě této masky jsou bezplatně k dispozici na webu VUT. Masku po vytisknutí vypadá asi takto (na obrázku je veškerý materiál, potřebný pro kompletaci masky):



Obrázek 41: BUT-H2 maska (Zdroj: <https://www.vutbr.cz/mask/but-h2>)

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnutí dalšího využití nové laboratoře, jiného, než ke kterému byla laboratoř budována.

Z analýzy je zřejmé, že největší potenciál využití má místnost výroby prototypů. Ostatní místnosti tyto možnosti spíše nemají, byly budovány za účelem výuky řízení a pochopení výrobních procesů, nasazení nových technologií do výroby a práce s podnikovými informačními systémy. Stroje, které se v místnosti výroby prototypů nacházejí mají šanci zvýšit možnosti laboratoře hned několika způsoby.

Prvním popisovaným způsobem je využití pro další výuku, tedy nejen tu pro kterou byla laboratoř navrhuta. Hlavně se jedná o práci se stroji a přidružená témata, jako je např. základní 3D modelování. Toto řešení má však několik problémů, a tím hlavním problémem je čas. Aby všichni studenti nějakého oboru byli schopni projít základy 3D modelování, a vyzkoušeli si 3D sken, tisk i další stroje, potřebovali by na to příliš mnoho času. Navíc by stroje nemohli využívat v takovém rozsahu ostatní obory. Mnohem reálnějším se jeví možnost této výuky v menší skupině, a to v rámci volitelného předmětu. Další alternativou by mohla být možnost práce několika oborů v laboratoři současně. Jejich pozice by byli rozdílné, a to např. procesní management by řešil problematiku, ke které byla tato laboratoř budována, řídila by výrobní procesy a shromažďovala data, přicházela s požadavky na výrobu prototypů a jiný obor by fungoval jako návrhářský tým, který by se zde zabýval právě základy 3D modelování atd., avšak jejich výstupy by byli opět propojeny na procesní management. Nejsem si však úplně jistý, zdali by byla takováto spolupráce vůbec možná.

Dalším navrhovaným způsobem využití je komerční využití. V tomto využití jde hlavně o maximální využití potenciálu výrobních strojů laboratoře. Velké množství ať už „obyčejných lidí“, nebo firem by mohla mít zájem tyto stroje využít. Pokud by potřebovali něco vyrobit, tak se jim nemusí vyplatit nákup těchto drahých strojů, jen pro ojedinělou výrobu. Místo toho výrobu zadají někomu jinému, v tomto případě naší laboratoři, která je schopná tuto výrobu provést. Firmám zabývajících se touto problematikou je velké množství, a to znamená, že i trh musí být relativně velký. Po správném nacenění úkonů, které je v naprosté většině případů nutné řešit individuálně, by tak tyto stroje mohli svojí prací navrátit alespoň část vynaložených financí na jejich

koupi. Problémy, které je třeba vžít v potaz jsou tedy správné nacenění, potom časová náročnost a flexibilita těchto zakázek tak, aby nenarušovali výuku. Dále tu musí být někdo, kdo se o tyto záležitosti bude starat, a poslední částí by mohla být tvorba webu k tomuto účelu.

Poslední částí navrhovaných využití jsou využití jiná. Do těchto využití jsem zařadil propagaci a ostatní využití. Laboratoř je tedy možné použít i k propagaci školy a fakulty, a to nejen na dnech otevřených dveří prohlídkou, ale také např. na festivalech jako je Gaudeamus, a to různými vzorky práce této laboratoře. Ostatní využití, ke kterému je laboratoř již využívána v současné době, a to v souvislosti s pandemií je výroba prototypu masky. Toto využití je pouze přechodné, avšak kdyby nastala jakákoliv jiná, další taková situace, tak vybavení by bylo opět možné využít.

Tato navrhovaná využití mohou být samozřejmě kombinována pro dosažení nejvyššího prospěchu, a to např. tak, že pro řešení například webových stránek, které by komerčnímu využití určitě prospěly, by mohli být studenty na toto téma zpracovány projekty, z nichž nejlepší by byl použit. Nebo studenti volitelného předmětu 3D modelování by vytvořili v tomto předmětu „vzorky“, které budou použity k propagaci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] LÖFFELMANN, Jiří. Trendy a nové metody v oblasti plánování a řízení výroby. *IT Systems* [online]. 2001, **2001**(9) [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/trendy-a-nove-metody-v-oblasti-planovani-a-rizeni-vyroby.htm>
- [2] HOLÍK, Martin. Bilanční plánování výroby. *IT Systems* [online]. 2013, **2013**(5) [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/bilanci-planovani-vyroby.htm>
- [3] Co je ERP?. *Oracle* [online]. b.r. [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <https://www.oracle.com/cz/applications/erp/what-is-erp.html>
- [4] ŠTRUBLÍKOVÁ, Iva. *MES Systémy ve strojírenství – část 1* [online]. b.r. [cit. 2018-10-24]. Dostupné z: <http://mescentrum.cz/clanky/mes-mom/131-mes-systemy-ve-strojirenstvi-cast-1>
- [5] KAMINSKÝ, Daniel. Průmysl 4.0 a čtvrtá průmyslová revoluce. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2016, **6**(2016), 111 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prumysl-4-0-a-ctvrta-prumyslova-revoluce.html>
- [6] Internet věcí. *Pavel Pohanka* [online]. b.r. [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <http://www.pavelpohanka.cz/internet-of-things/>
- [7] Montážní a výrobní linky. *Modia.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <http://www.modia.cz/cs/produkty/montazni-vyrobní-linky>
- [8] What is 3D Scanning?. *OR3D* [online]. b.r. [cit. 2020-01-19]. Dostupné z: <https://www.or3d.co.uk/knowledge-base/what-is-3d-scanning/>
- [9] HUMAIRA, Nisar. 3D Scanner, State of the Art: A Novel Application for the Morphological Study of Meteorite Impact Rocks. *Depth Map and 3D Imaging Applications - Algorithms and Technologies*. IGI Global, 2012, s. 451-457. ISBN 9781613503263. Dostupné také z:

<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/rcid:kpDMDIAAT7/id:kt00BG3ZU1/depth-map-3d-imaging/3d-laser-scanner-techniques?kpromoter=Summon>

- [10] KAR, Sudarshan. *What is 3D Modeling & How Is 3D Modeling Used* [online]. b.r. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://homesthetics.net/what-is-3d-modeling/>
- [11] POWER, Ken. *3D Object Representations* [online]. In: . b.r. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: http://glasnost.itcarlow.ie/~powerk/GeneralGraphicsNotes/meshes/polygon_meshes.html
- [12] The 9 Different Types of 3D Printers. *3D Insider* [online]. b.r. [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://3dinsider.com/3d-printer-types/>
- [13] What are robotic arms?. *RS Components* [online]. b.r. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/robotic-arms-guide>
- [14] OWEN-HILL, Alex. What's the Difference Between Robots and CNC Machines?. *RoboDK* [online]. 2019 [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://robodk.com/blog/difference-robots-cnc-machines/>
- [15] What Is CNC Machining? An Overview of the CNC Machining Process. *Astro machine works* [online]. b.r. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://astromachineworks.com/what-is-cnc-machining/>
- [16] HARVEY JAMES A, . The Incredible CNC. *Machine Shop Trade Secrets - A Guide to Manufacturing Machine Shop Practices*. 2nd Edition. Industrial Press, 2013, s. 251-278. ISBN 9780831134778. Dostupné také z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/rcid:kpMSTSAGM1/id:kt010V8C44/machine-shop-trade-secrets/the-incredible-cnc?kpromoter=Summon>
- [17] NOVOTNÁ, Jana. Laboratoř umožňuje studentům virtuálně projít výrobním procesem firmy. *Události na VUT* [online]. 2019, **20182019**(4), 24-25 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/vutium/archiv/udalosti-na-vut-04-2018-2019-p179922>
- [18] Spotřeba materiálu a doba tisku. *Easy cnc* [online]. b.r. [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.easycnc.cz/inpage/spotreba-materialu-a-doba-tisku/>

- [19] *3D Základna: Ceník* [online]. b.r. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z:
<http://www.3dzakladna.cz/cen%C3%ADk>
- [20] *Tecron: Ceník* [online]. b.r. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://tecron.cz/cenik/>
- [21] *NC computers* [online]. b.r. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z:
https://www.nc.cz/naskenovani-modelu-3d-skenerem_d292813.html
- [22] *Digitální media a marketing* [online]. b.r. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z:
<https://www.jirimikula.cz/reseni/3d-tisk-skenovani-a-modelovani/>
- [23] *Blueberry 3D print* [online]. b.r. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z:
<https://www.blueberry3dprint.cz/cenik>
- [24] *Makerslab* [online]. b.r. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://makerslab.cz/3d-tisk-pla/>
- [25] *3D studio FAVU VUT Brno* [online]. b.r. [cit. 2020-04-30]. Dostupné z:
<http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/index.php>
- [26] *PolomaskaBUTMASK–H2 proti COVID–19. Vysoké učení Technické v Brně* [online].
b.r. [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/mask>

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vstupy Bilančního kapacitního plánu (Zdroj: https://www.ccb.cz/images_aqua/2013/kveten/05-Asseco-02x.jpg)	13
Obrázek 2: „Životní cyklus výrobních a provozních informací“ (Zdroj: https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/system-mes-jako-strategicky-partner-pro-krizi.htm).....	15
Obrázek 3: Vývoj průmyslu (Zdroj: https://www.cleanpng.com/png-fourth-industrial-revolution-industry-4-0-internet-2525605/preview.html)	16
Obrázek 4: Chytrá továrna (Zdroj: https://www.adlinktech.com/cn/Smart_Manufacturing.aspx)	17
Obrázek 5: Segmenty IoT a jejich vlastnosti (Zdroj: http://www.pavelpohanka.cz/internet-of-things/)	18
Obrázek 6: Schéma výrobní linky (Zdroj: http://www.smtcentrum.cz/organizace-vyrobní-linky/organizace-vyrobní-linky/)	20
Obrázek 7: CT skener (Zdroj: https://www.3d-printer.com/industrial-ct-scanners.html)	21
Obrázek 8: Skener s otočným stolem (Zdroj: https://qubic.com.au/solutionix.htm).....	21
Obrázek 9: Pozemní skener (Zdroj: https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_DAI4/ch01s03.html)	22
Obrázek 10: Ruční skener (Zdroj: https://metrology.news/polyga-adds-handheld-3d-scanner-to-product-line/)	22
Obrázek 11: PCMM skener (Zdroj: https://www.canadianmetalworking.com/canadianmetalworking/news/measurement/perceptron-launches-repurposed-cmm-business)	22
Obrázek 12: Mobilní skener (Zdroj: https://www.or3d.co.uk/knowledge-base/what-is-3d-scanning/)	23
Obrázek 13: Virtuální větrný tunel (Zdroj: https://www.quora.com/If-supercars-and-hypercars-are-designed-to-be-as-aerodynamic-as-possible-why-don-t-they-all-look-the-same-Take-the-McLaren-and-Koenigsegg-for-example-both-were-designed-for-maximum-aerodynamics-and-down)	23

Obrázek 14: Čajová konvice vytvořená pomocí Point cloud (Zdroj: https://es.mathworks.com/help/vision/ref/pcread.html#responsive_offcanvas).....	24
Obrázek 15: Lidská tvář zobrazena pomocí polygonové sítě (Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/3D-model-of-a-human-body-a-polygon-mesh-without-textures-b-mesh-with-textures-mapped_fig2_259167306).....	25
Obrázek 16: Princip tisku FMD tiskáren (Zdroj: https://3dinsider.com/3d-printer-types/)	26
Obrázek 17: Princip DLP tisku (Zdroj: https://www.meee-services.com/what-are-different-types-of-3d-printing/digital-light-processingdlp/)	27
Obrázek 18: Princip SLA tisku (Zdroj: https://3dinsider.com/3d-printer-types/)	28
Obrázek 19: Princip SLS Tisku (Zdroj: https://3dinsider.com/3d-printer-types/).....	28
Obrázek 20: Ukázka automatizované výrobní linky, konkrétně výroba automobilů (Zdroj: https://www.teslarati.com/tesla-tsla-shares-50-percent-rally-negative-media-coverage-baird/tesla-body-assembly-line/).....	29
Obrázek 21: CNC stroj (Zdroj: https://www.datrontechnology.cz/cnc-stroje/cnc-frezovani/m10pro/#groupidm45747599051520-1)	30
Obrázek 22: Schéma laboratoří (Zdroj: Vlastní zpracování).....	31
Obrázek 23: Terminály pro jednotlivá pracoviště (Zdroj: Vlastní fotografie)	32
Obrázek 24: Jednotlivá pracoviště (Zdroj: Vlastní fotografie).....	32
Obrázek 25: Schéma místnosti výroby (Zdroj: Vlastní tvorba).....	33
Obrázek 26: Plastové autíčko (Zdroj: Vlastní fotografie)	33
Obrázek 27: Schéma logistického centra (Zdroj: Vlastní zpracování)	34
Obrázek 28: Schéma sekce vývoje prototypů (Zdroj: Vlastní zpracování)	35
Obrázek 29: 3D scanner (Zdroj: Vlastní fotografie).....	36
Obrázek 30: 3D tiskárna (Zdroj: Vlastní fotografie)	36
Obrázek 31: CNC stroj (Zdroj: Vlastní fotografie)	37
Obrázek 32: Plotr (Zdroj: Vlastní fotografie)	37
Obrázek 33: Vývojová sekce programů (Zdroj: Vlastní fotografie).....	38

Obrázek 34: Model příkladu (Zdroj: https://www.easycnc.cz/inpage/spotreba-materialu-a-doba-tisku/)	41
Obrázek 35: Závislost času na rozlišení tisku (Zdroj: https://makerslab.cz/3d-tisk-pla/)	42
Obrázek 36: Socha S. Dalího (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)	47
Obrázek 37: 3D model sochy (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)	47
Obrázek 38: Vytisknuté díly sochy (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)	47
Obrázek 39: Vytisknutá socha po základním post-processingu (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)	48
Obrázek 40: Hotový model sochy (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/g-prototyping_1.php)	48
Obrázek 41: BUT-H2 maska (Zdroj: https://www.vutbr.cz/mask/but-h2)	49

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: Rychlost 3D tisku (Zdroj: https://www.easycnc.cz/inpage/spotreba-materialu-a-doba-tisku/).....	41
Tabulka 2: Nabídka od 3D Základna (Zdroj: [19]).....	44
Tabulka 3: Ceník 3D studia na FAVU VUT Brno (Zdroj: http://3dstudio.ffa.vutbr.cz/cenik.php).....	46

SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf 1: Ceník 3D skenu (Zdroj: Vlastní zpracování dle: [19] [20] [21] [22]).....	44
Graf 2: Ceník 3D tisku (Zdroj: Vlastní zpracování dle: [19] [20] [23] [24])	45

SEZNAM ZKRATEK

3D	3-Dimenzionální
CNC	Computer Numeric Control
ERP	Enterprise Resource Planning
MES	Manufacturing Execution Systems
CRM	Customer Relationship Management
EPM	Enterprise Performance Management
IoT	Internet of Things
CAD	Computer Aided Design
CT	Computed Tomography
PCMM	Portable Coordinate Measuring Machines
CGI	Computer-Generated Imagery
FMD	Fused Deposition Modeling
DPL	Digital Light Processing
SLA	Stereolithography
SLS	Selective Laser Sintering
SLM	Selective Laser Melting
EBM	Electronic Beam Melting
LOM	Laminated Object Manufacturing
BJ	Binder Jetting
MJ	Material Jetting
PC	Personal Computer
FSI	Fakulta Strojního Inženýrství
PLA	Polylactic Acid
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren